

## CHAPITRE VIII

### COURANTS D'INDUCTION

#### I. — PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX.

625. **Courants d'induction.** — On a vu comment, dans les piles *hydro-électriques*, telles que la pile de Volta et celles qui en dérivent, l'énergie correspondante aux divers effets produits par le courant est empruntée à la chaleur dégagée par les réactions chimiques qui s'accomplissent dans la pile elle-même (533). — Dans les piles *thermo-électriques*, l'énergie correspondante à ces mêmes effets est empruntée à la chaleur que l'on fournit directement aux points de soudure des métaux qui composent la pile.

On appelle *courants d'induction*, des courants qui prennent naissance dans un circuit conducteur fermé, placé, soit au voisinage d'un autre circuit parcouru par un courant, soit au voisinage d'un aimant, lorsqu'on imprime, aux uns ou aux autres, des déplacements modifiant leurs distances relatives. — L'énergie correspondante à l'accomplissement des divers effets produits par ces courants d'induction est empruntée au *travail* que l'on doit dépenser pour effectuer les déplacements eux-mêmes. — Ces courants ont été découverts par Faraday, en 1830.

Nous allons d'abord constater, par l'expérience, les phénomènes fondamentaux de l'induction. — Nous diviserons cette étude en trois parties : 1° induction produite *par un courant*; 2° induction produite *par un aimant*; 3° induction produite *par la Terre*.

626. **Induction produite par un courant, ou induction volta-électrique.** — Soient deux bobines A et B (fig. 477), composées chacune d'un fil de cuivre couvert de soie, enroulé sur un cylindre de bois creux; pour chacune d'elles, les deux extrémités du fil se terminent par des bornes métalliques. En adaptant des fils conducteurs à ces bornes, nous pourrions placer l'une des bobines, A, dans le circuit d'une pile V; l'autre bobine, B, dans un autre circuit contenant seule-

ment un galvanomètre G. — Cette disposition permettra d'effectuer les trois expériences suivantes :

1° Avant de fermer le circuit de la pile V et de la bobine A, mettons la bobine A dans la bobine B. Au moment où nous *fermerons* le circuit VA, nous constaterons qu'il se développe, dans le circuit voisin BG, un courant accusé par une déviation de l'aiguille du galvanomètre. Le courant VA prend le nom de *courant inducteur*; le courant BG, le nom de *courant induit*. Le sens dans lequel se produit la déviation de l'aiguille montre que le courant induit est *de sens contraire au courant inducteur*. — Mais le courant induit n'a qu'une durée extrêmement

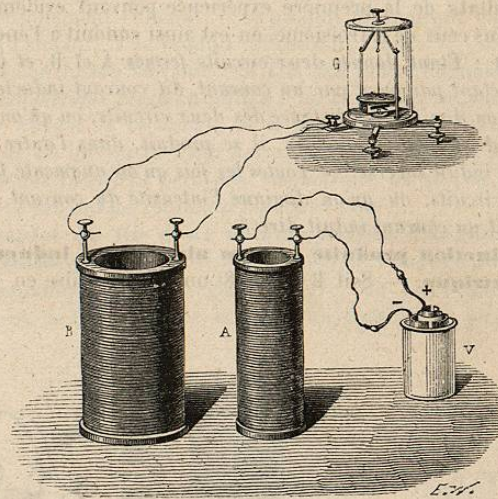


Fig. 477. — Induction produite par un courant.

*courte* : car l'aiguille, qui avait été brusquement écartée du zéro de la graduation, revient immédiatement sur elle-même; elle oscille régulièrement de part et d'autre du zéro, et finit par s'arrêter dans cette position, qu'elle conserve tant que le circuit inducteur reste fermé.

Si maintenant, une fois l'aiguille revenue au zéro, on vient à rompre le circuit de la pile, on observe une nouvelle déviation de l'aiguille, en sens opposé de la première. Donc, au moment de la *rupture* du courant inducteur, il se développe encore un *courant induit*, mais ce courant est *de même sens que le courant inducteur*.

Nous appellerons *courant induit inverse*, celui qui se produit en sens inverse du courant inducteur; *courant induit direct*, celui qui se produit dans le même sens que le courant inducteur.

2° Les deux bobines étant séparées (fig. 477), et le circuit VA étant

maintenu fermé, si l'on vient à introduire brusquement la bobine A dans la bobine B, l'aiguille du galvanomètre accuse un courant induit *inverse*. Une fois l'aiguille revenue au zéro, si l'on éloigne brusquement la bobine B, on constate un courant induit *direct*.

5° Enfin, supposons la bobine A placée dans la bobine B, et le circuit VA fermé : l'aiguille du galvanomètre étant au zéro, si l'on vient à augmenter l'intensité du courant inducteur, par exemple en diminuant la résistance sans interrompre le circuit, on observe un courant induit *inverse*. — Si l'on diminue l'intensité du courant inducteur, on observe un courant induit *direct*.

Les résultats de la première expérience pouvant évidemment être compris dans ceux de la troisième, on est ainsi conduit à l'énoncé général suivant : *Étant donnés deux circuits fermés A et B, et l'un de ces circuits A étant parcouru par un courant, dit courant inducteur, toutes les fois qu'on diminue la distance des deux circuits, ou qu'on augmente l'intensité du courant inducteur, il se produit, dans l'autre circuit B, un courant induit inverse. — Toutes les fois qu'on augmente la distance des deux circuits, ou qu'on diminue l'intensité du courant inducteur, il se produit un courant induit direct.*

627. **Induction produite par un aimant, ou induction magnéto-électrique.** — Soit B (fig. 478) une bobine mise en communi-

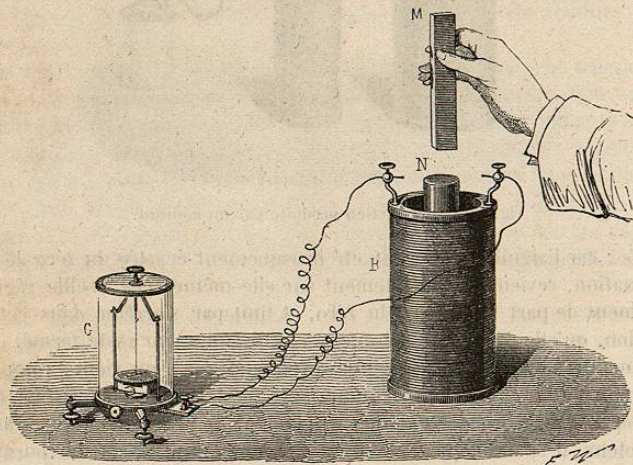


Fig. 478. — Induction produite par un aimant.

cation avec un galvanomètre G. Dans cette bobine, on place un barreau de fer doux N, et l'on approche vivement de son extrémité supérieure l'un des pôles d'un aimant M. A ce moment, le barreau N s'aimantant

par influence, l'aiguille du galvanomètre reçoit une impulsion; quant au sens du courant induit qui produit cette déviation, on peut constater qu'il est *inverse* du sens dans lequel circulent les courants particuliers (606), orientés par l'aimantation dans le fer doux N. Mais, ici encore, l'aiguille du galvanomètre revient aussitôt vers sa position primitive; lorsqu'elle a repris cette position, elle la conserve tant que le fer doux reste aimanté. — Si l'on retire l'aimant M, le magnétisme du fer doux N disparaît, et l'aiguille accuse un courant induit *direct*, c'est-à-dire de même sens que les courants particuliers.

De même, si, après avoir enlevé de la bobine le barreau N, on y introduit brusquement l'aimant, il se produit un courant *inverse*. — Si l'on retire l'aimant, il se produit un courant *direct*.

De là, la conclusion suivante : *Si l'on fait naître l'aimantation dans un corps magnétique placé au milieu d'un circuit fermé, ou si l'on approche un aimant de ce circuit, il se produit un courant d'induction, dont le sens est inverse de celui des courants particuliers de l'aimant. — Si l'aimant inducteur perd son magnétisme, ou si l'on éloigne cet aimant, il se produit un courant d'induction direct.*

628. **Emploi du fer doux comme moyen d'augmenter l'induction volta-électrique.** — Supposons que, dans une bobine B dont le fil communique avec un galvanomètre, on place une bobine A (fig. 479), et, à l'intérieur de celle-ci, un barreau de fer doux D : à

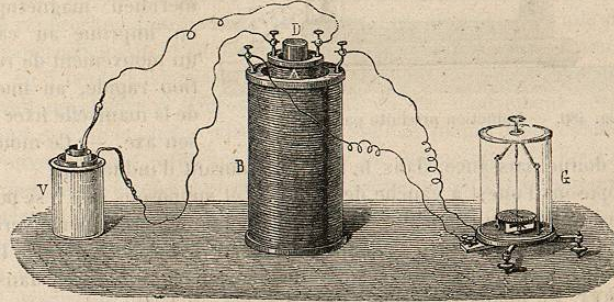


Fig. 479. — Emploi du fer doux, pour augmenter l'induction volta-électrique.

l'instant où l'on établit la communication entre la bobine A et la pile V, il se produit dans le fil A un courant d'induction volta-électrique, qui est inverse du courant inducteur (626, 1°). Mais, en même temps, le fer doux s'aimante, comme le noyau d'un électro-aimant, et ses courants particuliers sont de même sens que ceux de la bobine A; ce magnétisme naissant développe, dans le fil B, un courant d'induction magnéto-électrique, dont le sens est inverse de celui des courants particuliers (627). — Donc, dans le fil B, le courant volta-électrique et le

courant magnéto-électrique sont de même sens, et, comme ils se produisent au même instant, leurs intensités s'ajoutent : on constate, en effet, que la déviation de l'aiguille du galvanomètre est beaucoup plus grande.

L'expérience montre qu'un *faisceau de fils* de fer, substitué au barreau D, renforce le courant induit plus énergiquement encore que ne fait un barreau unique de même diamètre.

629. **Induction produite par la Terre, ou induction telluro-électrique.** — On sait que l'action de la Terre est assimilable, soit à l'action d'un *aimant*, dirigé du nord au sud (495), soit à l'action d'un *courant*, dirigé de l'est à l'ouest (602). — Dès lors, si l'on prend un circuit fermé, et si on lui imprime un déplacement rapide par rapport à la direction de l'aimant terrestre, il doit y avoir, dans ce circuit, production d'un courant induit. — C'est ce qu'on vérifie de la manière suivante.

Un cadre circulaire MN (fig. 480), mobile autour d'un axe horizontal AB, porte un fil conducteur couvert de soie et enroulé un grand nombre de fois sur ce cadre. L'axe AB étant placé perpendiculairement au méridien magnétique, on imprime au cadre un mouvement de rotation rapide, au moyen de la manivelle fixée sur son axe. — Ce mouvement donne naissance, dans le fil, à un courant d'induction.

Supposons l'ouest à gauche de la figure, et supposons que N se porte en arrière du plan vertical, vers le nord, tandis que M se porte vers le sud. La partie N du cadre s'éloigne du courant terrestre, dirigé de l'est à l'ouest : il se produit donc en N un courant induit *direct*, dans le sens BNA. En même temps, la partie M se rapproche du courant terrestre : le courant induit en M est un courant *inverse*, dans le sens AMC. Ces deux courants induits concordent, suivant BNAMC. — Mais, au bout d'une demi-révolution, N vient prendre la place de M, et le courant induit se produit dans le sens BMANC ; il change donc de sens dans le fil du cadre, et il en est ainsi, alternativement, à chaque demi-révolution. — Les deux extrémités de ce fil aboutissent à un *commutateur* C, placé sur l'axe, et sur lequel s'appuient deux ressorts communiquant respectivement avec les deux bornes d'un galvanomètre : le commutateur a pour effet de donner aux courants d'induction une direction *constante* dans le galvanomètre. On constate alors que l'aiguille

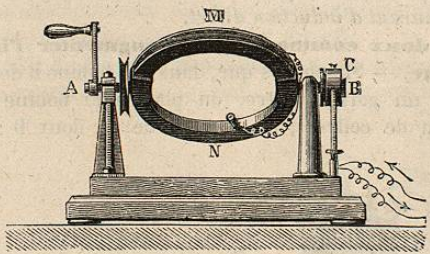


Fig. 480. — Induction produite par la Terre.

du galvanomètre est déviée d'un angle d'autant plus grand que la rotation est plus rapide.

630. **Loi de Lenz.** — **Dépense d'énergie correspondante à la production des courants d'induction.** — On a vu, dans l'étude de l'électro-dynamique et de l'électro-magnétisme, que, lorsqu'on soumet un courant mobile à l'action d'un autre courant ou à l'action d'un aimant fixe, ses diverses parties éprouvent des attractions ou des répulsions, qui peuvent avoir pour effet de lui imprimer des mouvements de telle ou telle nature, suivant la manière dont il est lui-même assujéti. — Or, tous les phénomènes d'induction peuvent être compris dans la loi générale suivante, qui a été énoncée par le physicien russe Lenz :

Étant donné un circuit fermé, si l'on vient à déplacer, d'une manière quelconque, ce circuit par rapport à un courant voisin, ou par rapport à un aimant, le sens du courant induit est tel, que ce courant tende à s'opposer au mouvement qui le produit (\*). — Si l'on se reporte, en effet, aux divers résultats des expériences que nous venons de décrire, il est facile de s'assurer que chacun d'eux satisfait à la loi de Lenz.

Mais la loi de Lenz n'a pas seulement l'avantage de relier entre eux, par un même énoncé, les divers phénomènes d'induction. Elle rend manifeste la nécessité de l'intervention d'une *source d'énergie*, pour la production des courants d'induction eux-mêmes. — Considérons, par exemple, un circuit fermé, que l'on mettra en mouvement de manière à le rapprocher d'un courant voisin, ou d'un aimant. Tant que durera ce rapprochement, il se produira un courant induit, dont le sens sera tel, qu'il tende à s'opposer au rapprochement lui-même : dès lors, le travail nécessaire à l'accomplissement de ce mouvement sera plus grand que si le même circuit avait subi le même déplacement sans éprouver aucune influence électrique ou magnétique. — En d'autres termes, le développement des courants d'induction exige toujours une *dépense d'énergie* : cette énergie est précisément celle qui doit être employée à l'accomplissement des divers effets produits par les courants eux-mêmes.

L'expérience suivante, qui est due à Foucault, permet de mettre en évidence cette dépense d'énergie. — Entre les pièces de fer doux A et B, qui forment les armatures d'un électro-aimant EE (fig. 481), passe librement un disque de cuivre D, que l'on peut faire tourner autour de son axe, au moyen d'un système de roues dentées, et d'une manivelle qui n'est pas représentée sur la figure. Tant que l'électro-aimant n'est pas aimanté, il suffit d'un effort assez faible pour imprimer au disque un mouvement de rotation très rapide. — Mais si, au moment où le

(\*) Nous avons vu (395) que dans les galvanomètres, les oscillations de l'aiguille aimantée sont amorties par la réaction électro-magnétique des courants induits qui prennent naissance dans le cadre du multiplicateur.

disque est animé d'une grande vitesse, on vient à faire passer dans le fil de l'électro-aimant le courant de quelques éléments de Bunsen, on constate que le disque est brusquement arrêté : cet arrêt est dû à la

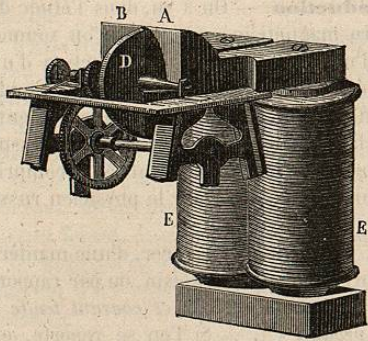


Fig. 481. — Expérience de Foucault.

résistance développée par les courants induits, qui se sont produits dans le disque lui-même. — Enfin, si l'on veut alors continuer à faire tourner le disque, on ne parvient à lui imprimer qu'un mouvement de rotation beaucoup plus lent, même avec un effort considérable. Cette dépense d'énergie se traduit ici par un dégagement de chaleur, dû aux courants induits qui continuent à circuler dans le disque pendant la rotation. Le dégagement de chaleur est bientôt assez considérable pour produire, dans la masse de cuivre, une élévation de température que l'on peut constater en y appliquant la main. On peut également y appliquer un morceau de cire mélangée de stéarine, qui entre en fusion au contact du métal échauffé (\*).

On peut donc dire, en résumé, que la production des courants d'induction constitue un mode de transformation de l'énergie mécanique en électricité. Dans les effets produits par ces courants, se retrouve, soit sous forme de chaleur, soit sous toute autre forme, l'équivalent de l'énergie dépensée.

651. **Comparaison des deux courants induits, direct et inverse.** — Dans toutes les expériences qui précèdent, il faut, pour observer la production des courants induits, imprimer des déplacements rapides aux conducteurs dans lesquels ils prennent naissance; les courants induits cessant à peu près instantanément avec ces déplacements eux-mêmes (626), la durée  $\theta$  d'un courant induit est toujours une petite fraction de seconde.

Il en résulte que l'on ne peut pas comparer les intensités de deux courants induits par le procédé ordinaire du galvanomètre. — En effet, quand on fait passer dans un galvanomètre un courant dont la durée  $\theta$  est assez petite pour que l'aiguille soit encore sensiblement au zéro à l'instant où le courant cesse, l'impulsion donnée à l'aiguille est à la fois proportionnelle à l'intensité  $i$  et à la durée  $\theta$  du courant;

(\*) On peut encore opérer avec un disque présentant une petite cavité que l'on remplit d'éther et qu'on ferme avec un bouchon. La force élastique de la vapeur d'éther chasse le bouchon avec explosion.

c'est-à-dire que, dans ce cas, la déviation observée, au lieu de mesurer l'intensité  $i$  du courant, mesure le produit  $i\theta$ , qui représente la quantité d'électricité mise en mouvement pendant la durée du courant. — Or, dans les expériences décrites précédemment (626 et 627), on obtient toujours, pour le courant direct, et pour le courant inverse, des déviations égales et contraires de l'aiguille du galvanomètre. On doit en conclure que les quantités d'électricité mises en mouvement, dans ces deux courants induits, sont égales entre elles; c'est ce que l'on énonce souvent en disant que les deux courants, direct et inverse, sont égaux en quantité.

Mais il n'en est pas de même des intensités. — Pour le vérifier grossièrement, il suffit de faire communiquer les deux extrémités du fil induit avec deux poignées métalliques, que l'on tient dans les mains. On éprouve, chaque fois qu'il se développe un courant induit, une commotion comparable à celle que donnerait le courant d'une pile d'un grand nombre d'éléments; mais on observe que la commotion la plus forte est toujours celle qui est produite par le courant direct. — C'est donc le courant direct qui a la plus grande intensité, et par suite la plus petite durée.

652. **Induction d'un courant sur lui-même. Extra-courants.**

— On a vu (626, 1<sup>o</sup>) que lorsqu'un courant parcourt un circuit, et qu'on vient à rompre ou à rétablir ce circuit, il y a production d'un courant induit, dans tout circuit fermé, voisin du premier. — Il est naturel de penser que chacun des éléments d'un courant doit aussi exercer une action inductrice sur les éléments voisins qui font partie de son propre circuit : cette action doit être surtout sensible, si le circuit est enroulé sur lui-même, de manière que chacun de ses éléments ait dans son voisinage un grand nombre d'autres éléments. C'est la disposition adoptée dans les deux expériences suivantes, qui sont dues à Faraday. — Ces courants, ont reçu le nom d'extra-courants, ou de courants de self-induction.

1<sup>o</sup> On fait passer le courant d'une pile PN (fig. 482) dans un long fil métallique, que l'on enroule en une hélice C dans une grande partie de sa longueur : on réunit deux de ses points D, E, situés de part et d'autre de l'hélice, par un fil de dérivation, sur le trajet duquel est interposé un galvanomètre G. Le courant de la pile se partage ainsi entre les deux branches de dérivation, DCE, DGE, qu'il parcourt dans le sens des flèches indiquées sur la figure; si  $mn$  est la direction du diamètre passant par le zéro du galvanomètre, on voit le pôle austral de l'aiguille venir, sous l'action du courant, à droite de  $mn$ , en  $a$  par exemple. On ramène alors, avec la main, l'aiguille dans la direction  $am$  et l'on place sur le cadran un petit obstacle  $d$  à la droite du point  $m$ , de manière à empêcher l'aiguille de s'écarter de ce côté. — Les choses étant ainsi disposées, si l'on interrompt le courant au voisinage de la pile, en A

par exemple, le pôle austral reçoit une vive impulsion à gauche, après laquelle l'aiguille revient au zéro. Donc, au moment de la rupture du courant de la pile, le circuit fermé DGECD a été parcouru par un courant, et ce courant avait, dans la portion DGE, un sens contraire à celui du courant de la pile; par suite, avait, dans l'hélice C, le même sens que

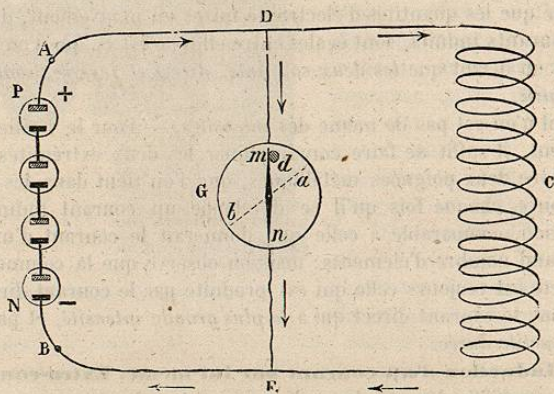


Fig. 482. — Démonstration de l'extra-courant de rupture.

le courant de la pile. — C'est là, comme on l'a vu (626, 1°), le caractère général du courant induit dû à l'interruption d'un courant inducteur : c'est l'extra-courant de rupture.

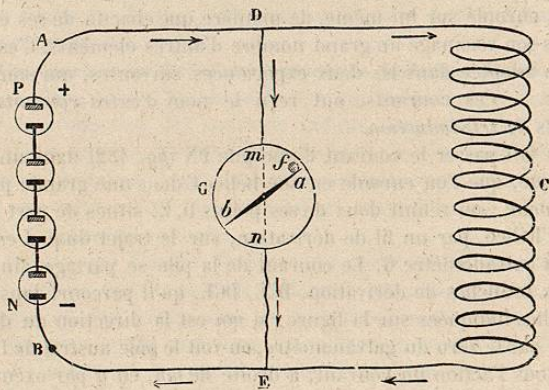


Fig. 485. — Démonstration de l'extra-courant de fermeture.

2° On détermine, par une expérience préliminaire, la position *ab* (fig. 485) que prend l'aiguille du galvanomètre sous l'action du courant

de la pile, et l'on place sur le cadran un petit obstacle *f* à la gauche du point *a*, de manière à empêcher l'aiguille de revenir au zéro quand on interrompra le courant en A. — Les choses étant ainsi disposées, et le circuit de la pile étant ouvert au point A, on constate que, à l'instant où l'on referme le circuit en A, le pôle austral de l'aiguille reçoit une vive impulsion à droite, après laquelle il revient en *a*. Donc, au moment de la fermeture du circuit, le fil DGE n'a pas été seulement parcouru par une portion du courant de la pile, ayant une intensité telle qu'elle amenât l'aiguille en *ab*; mais à ce courant s'en est ajouté un autre, d'une durée très courte, ayant le même sens dans la partie DGE, et ayant, par conséquent, dans l'hélice C, un sens contraire à celui du courant de la pile. — C'est le caractère général d'un courant induit dû à la fermeture du courant inducteur : c'est l'extra-courant de fermeture.

635. **Conséquences de la superposition des extra-courants et du courant principal.** — L'extra-courant de fermeture, qui se produit au moment où l'on complète le circuit d'une pile, est, comme on vient de le voir, de sens contraire au courant principal. En se superposant au courant principal, il a donc pour effet d'en diminuer l'intensité, dans les premiers instants : par suite, le courant de la pile n'acquiert que *graduellement* son régime régulier.

Au contraire, l'extra-courant de rupture est de même sens que le courant principal; en se superposant à ce courant, il doit donc en *augmenter brusquement* l'intensité. — C'est ce que prouvent diverses expériences : il suffira d'en indiquer quelques-unes.

La rupture du circuit d'une pile formée d'une dizaine d'éléments de Bunsen, lorsque le conducteur interpolaire n'est pas replié sur lui-même, donne naissance à une faible étincelle. Au contraire, si l'on interpose dans le circuit une bobine portant un fil enroulé un grand nombre de fois, l'étincelle de rupture éclate avec un bruit comparable à celui d'une capsule fulminante. Cependant, la résistance introduite par la bobine ne peut que diminuer l'intensité du courant de la pile, à l'état permanent : l'effet qui se produit ici doit donc être attribué à la superposition d'un extra-courant très intense, au moment de la rupture.

Lorsque le circuit d'une pile contient une bobine, et que, prenant dans les mains les deux extrémités du fil de cette bobine, on les détache vivement de la pile, de manière que l'hélice forme alors avec le corps de l'opérateur un circuit fermé, on ressent une commotion violente. L'intensité de cette commotion est encore beaucoup augmentée, si l'on introduit dans la bobine un faisceau de fils de fer doux. — On reconnaît, dans ces effets, ceux qui caractérisent les courants induits en général : ils sont dus à l'extra-courant de rupture, qui vient s'ajouter brusquement au courant de la pile.

## II. — BOBINE D'INDUCTION.

654 **Bobine de Ruhmkorff.** — La bobine de Ruhmkorff est un appareil dans lequel les courants induits sont produits par les alternatives de rupture et de rétablissement d'un courant inducteur, à des intervalles de temps très courts. — La première idée de cet appareil est due à Masson; les détails de construction ont été réalisés par Ruhmkorff, vers 1851.

Sur un cylindre de bois, on a enroulé d'abord un fil *inducteur*, dans lequel devra passer le courant d'une pile: par-dessus on a enroulé ensuite un fil beaucoup plus long et plus fin, qui constituera le circuit *induit*, le tout forme une grosse bobine S (fig. 484), terminée par deux

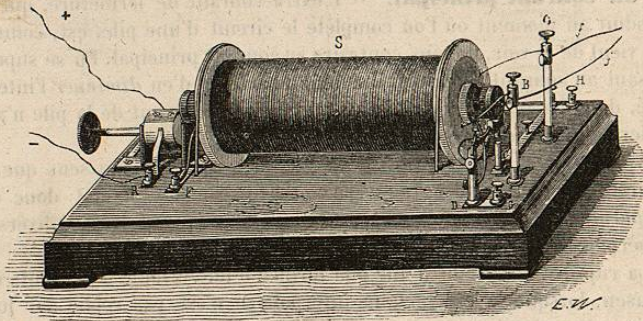


Fig. 484. — Bobine de Ruhmkorff.

disques de verre. — Dans l'intérieur de cette bobine est placé un faisceau de fils de fer doux, qui s'aimantera sous l'action du courant inducteur chaque fois que ce courant sera établi, et qui perdra son aimantation chaque fois que ce courant sera interrompu. Ce faisceau de fils de fer doux aura donc pour effet d'augmenter les effets d'induction produits par le courant de la pile, comme il a été dit (628). — On a représenté, sur la gauche de la figure, marqués des signes + et —, les conducteurs qui mettent la pile en communication avec le fil *inducteur*. Le courant arrive en R' dans un *commutateur*, dont la position est telle, que le courant passe en E et arrive par une bande métallique fixée sur le socle de l'appareil (fig. 485) au point I. Le courant passe ensuite dans un *interrupteur*, qui est représenté à droite dans la figure 484; la figure 486 en indique les détails, à une échelle un peu plus grande. — L'interrupteur se compose d'un petit marteau dont la tête O, qui est en fer doux, est placée à une petite distance au-dessous de l'extré-

mité du faisceau de fils de fer qui forme le noyau de la bobine, et qui dépasse le disque de verre, comme le montre la figure 484; le manche

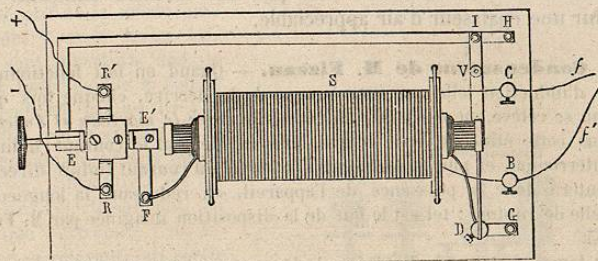
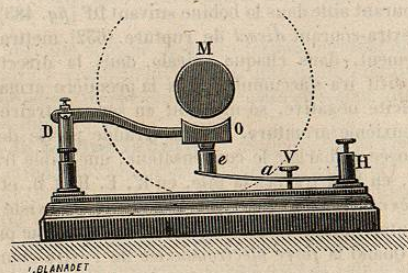


Fig. 485.

du marteau, qui est en cuivre, est articulé à la partie supérieure de la colonne métallique D (fig. 486); au-dessous de la tête du marteau est une sorte de petite enclume e, formée par un cylindre de cuivre vertical qui est supporté par une lame métallique. — Le courant, après avoir suivi l'enclume e et le marteau O, passe de D dans la bobine inductrice (fig. 485), sort par le fil qui aboutit à la borne F, et retourne à la pile après avoir traversé le commutateur.

Fig. 486.  
Interrupteur de la bobine de Ruhmkorff.

Voici maintenant comment fonctionne *l'interrupteur*. — Dès que, par le jeu du commutateur (note de la page 503), le courant inducteur est établi, le faisceau de fer s'aimante, attire la tête O du marteau, lui fait abandonner l'enclume, et le circuit inducteur est interrompu: le faisceau de fils de fer n'étant plus aimanté, le marteau retombe par son poids, et le courant est rétabli. Ces alternatives se reproduisent indéfiniment. — A chaque *rupture* du courant inducteur, il se développe dans le fil induit un courant *direct*; à chaque *rétablissement* du courant inducteur, un courant induit *inverse*.

Les extrémités du fil induit traversent le disque de verre de droite, et viennent aboutir aux bornes métalliques B et C. Si l'on réunit les fils f et f' par un conducteur, on obtiendra, dans ce circuit, une série de courants dirigés alternativement dans un sens et dans l'autre. — Lorsqu'on laisse un petit intervalle entre les extrémités libres des fils f et f', on peut faire éclater entre eux une série continue d'étin-

celles. Poggendorff a montré que ces étincelles sont dues exclusivement au courant *direct*, produit au moment de la *rupture* du courant inducteur : le courant inverse n'a pas une intensité suffisante pour franchir une épaisseur d'air appréciable.

655. **Condensateur de M. Fizeau.** — Quand on fait fonctionner la bobine d'induction telle que nous venons de la décrire, chaque fois que le marteau se relève, on voit jaillir une étincelle *entre le marteau et l'enclume*. Or, plus cette étincelle sera courte, plus rapidement le courant inducteur sera interrompu, et plus grande sera l'intensité du courant induit direct. On augmentera donc la puissance de l'appareil, en réduisant la longueur de l'étincelle de rupture; tel est le but de la disposition imaginée par M. Fizeau en 1855.

Deux lames d'étain, de 4 mètres de longueur, séparées par une lame isolante de taffetas ciré, sont plusieurs fois repliées sur elles-mêmes, et forment un *condensateur*, à grande surface, qui est logé dans le socle de l'appareil (fig. 484). Les deux armatures communiquent, la première avec l'extrémité F du fil inducteur, la seconde avec l'extrémité D. Supposons encore que le courant aille dans la bobine suivant DF (fig. 485) : au moment de l'interruption, l'extra-courant *direct* de rupture (652) mettra l'électricité positive en mouvement, dans chaque spirale, dans la direction générale DF, et le fluide positif ira s'accumuler dans la première armature du condensateur; l'électricité négative, se mouvant en sens contraire, viendra s'accumuler dans la deuxième armature. La plus grande partie de l'extra-courant est donc employée à charger le condensateur; une faible fraction seulement passe de F en E', en R, à travers la pile, en R', E, H et D, et franchit, sous la forme d'une *très courte étincelle*, l'intervalle d'air qui existe entre l'enclume et le marteau : l'interruption du courant inducteur est donc presque instantanée.

Quand la *force électromotrice* de l'extra-courant n'agit plus, les fluides de noms contraires, répartis sur les deux armatures, se recombinaient à travers le fil inducteur, en donnant un courant dont le sens général est FD; ce courant *secondaire* aura pour effet de désaimanter instantanément le faisceau de fer doux, et de supprimer le magnétisme rémanent. Le condensateur de M. Fizeau rend donc plus rapides et plus régulières les oscillations de l'interrupteur.

656. **Interrupteur de Foucault.** — L'interrupteur à marteau, que nous avons décrit (fig. 486), ne peut pas être employé avec les bobines de grandes dimensions, actionnées par des courants inducteurs intenses. On constate en effet que, dans ces conditions, malgré l'emploi du condensateur de M. Fizeau, l'étincelle qui se produit au moment où le marteau abandonne l'enclume, est assez forte pour produire un arrachement des particules de platine; les surfaces de l'enclume et du marteau sont rapidement détériorées. — On emploie alors l'*interrupteur de Foucault* (fig. 487).

Deux pointes de platine verticales T, S, sont fixées vers l'une des extrémités du levier TF, qui est supporté en E par une lame élastique verticale : ces deux pointes pénètrent dans deux godets qui contiennent du mercure, couvert d'une couche d'alcool. A l'autre extrémité du levier est une armature de fer F, placée à une petite distance d'un électro-aimant. Le fil de cet électro-aimant communique, par l'une de ses extrémités Q, avec le pôle

positif d'une petite pile spéciale, formée d'un ou deux éléments de Bunsen; par son autre extrémité, avec la pointe S, par l'intermédiaire de la lame élastique qui porte le levier; le godet S communique, par le fil P, avec le pôle négatif de la même pile.

Le godet T et le levier lui-même sont introduits dans le circuit *inducteur* de la bobine de Ruhmkorff, par les fils A et N. — Dès que le circuit de la pile spéciale de l'interrupteur est fermé, l'armature F est attirée par l'électro-aimant, en sorte que l'extrémité T du levier, en se relevant, fait sortir du mercure les deux pointes, et interrompt les deux circuits; mais, l'électro-aimant ayant alors perdu son aimantation, le levier est ramené en sens contraire par l'élasticité de la lame qui le supporte : les deux circuits sont de nouveau fermés, et ainsi de suite. — L'alcool étant très mauvais conducteur, l'interruption du circuit inducteur de la bobine est instantanée, et par suite l'intensité des courants induits est aussi grande que possible.

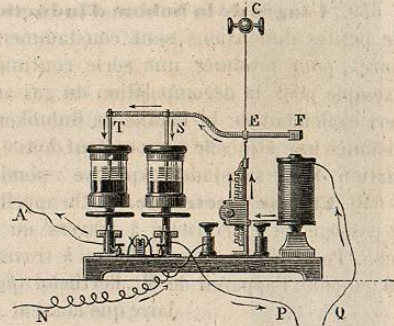


Fig. 487. — Interrupteur de Foucault.

657. **Fractionnement de la bobine induite.** — Supposons que l'on fasse fonctionner la bobine d'induction, sans réunir les extrémités des fils *f* et *f'*; à chaque interruption du courant inducteur, il s'établira entre les extrémités *f* et *f'* une différence de potentiel *V*, qui sera d'autant plus grande que le fil induit sera plus long, et que le courant inducteur sera plus intense. De l'extrémité *f* à l'extrémité *f'*, le potentiel croîtra progressivement avec la longueur de fil parcourue; par suite, la différence de potentiel en deux points contigus appartenant à deux spires superposées, dépendra de la longueur de fil parcourue par le courant, pour aller d'un de ces points à l'autre; on conçoit donc que, pour un même courant inducteur, cette différence de potentiel puisse être d'autant plus grande que la bobine sera plus longue; si l'intensité du courant inducteur dépasse une certaine limite, une décharge tendra à se produire entre ces deux points, qui ne sont séparés que par une mince couche isolante : la couche isolante sera percée. — Pour atténuer cette cause de détérioration, Poggendorff a proposé de fractionner la bobine induite en un certain nombre de bobines partielles, quatre par exemple. On peut alors employer un courant inducteur d'une intensité quatre fois plus grande, sans courir de plus grandes chances de rupture.

658. **Dimensions du fil inducteur et du fil induit.** — Toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité du courant induit augmente avec la longueur du fil induit : dans les bobines de grandes dimensions, la longueur de ce fil peut atteindre 120 000 mètres; son diamètre est d'environ un cinquième de millimètre.

Le fil inducteur est beaucoup moins long. Nous avons démontré (614) que, pour obtenir le maximum d'intensité, il faut donner à la bobine inductrice